

## Mapeamento da vulnerabilidade do aquífero à contaminação no Município de Rosário do Sul – RS, Brasil.

Cristiane Dambrós<sup>1</sup>  
José Luiz Silvério da Silva<sup>1</sup>  
Leônidas Luiz Volcato Descovi Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria - UFSM  
Campus Camobi, CEP: 97105 – 900 - Santa Maria - RS, Brasil.  
{cristianedambros, silverioufsm, leonprs}@gmail.com

**Abstract.** The natural factors can interfere with the vulnerability to groundwater contamination. GIS tools and statistical contribute to the management and planning, applied in all areas of Geosciences and Environment, allowing, in this case, spatialize the vulnerability of the aquifer to contamination. It was chosen as the objects of analysis the municipality of Rosario do Sul/RS, located in southern Brazil, domain area of the Parana Sedimentary Basin in the area of outcrop of the Guarani Aquifer System / SAG. The city is supplied via surface (water capture in the Santa Maria River) and groundwater (private capture, mostly tubular wells) is intended for human supply, agriculture, cattle raising and leisure. It is noticeable that this region has in its use and occupation, the cultivation of rice, soybean, extensive farming and forestation of eucalyptus. The index of vulnerability to contamination of the aquifer was obtained by Method GOD (G - groundwater occurrence, O - overall litology of aquifer and D - deph of water), which assesses the vulnerability of aquifers to contamination. They used well data available on registered and Information System for Groundwater, Research Company for Mineral. Through this method it is possible spatialize conditions of vulnerability, allowing them to differentiate into five classes, ranging from negligible to extreme. It follows then, that it is necessary to monitor the variation of groundwater level, its physical and chemical composition as well as the use and occupation of land through the planning and management of groundwater.

**Keywords:** Contamination of groundwater; Guarani Aquifer System, Method GOD, Geoprocessing; Contaminação das águas subterrâneas; Sistema Aquífero Guarani; Método *GOD*; Geoprocessamento.

### 1. Introdução

O entendimento dos múltiplos fenômenos observados na superfície e em subsuperfície terrestre, deve-se a análise sistêmica, nela haverá *input* e *output* de energia e dentro do sistema ocorrem fluxos e trocas de energia entre os fenômenos. Assim quando considerado os processos Geoquímicos da Paisagem como um sistema, tem-se como fenômeno os fluxos e as interações entre elementos da Atmosfera, da Litosfera, da Biosfera e da Hidrosfera formando a Pedosfera (CHRISTOFOLETTI, 1979; FORTESCUE, 1980).

Considerando que em um sistema há equilíbrio nas trocas de energia, pode-se inferir que quando houver mudanças nestes fluxos o sistema pode estar comprometido, como por exemplo, a contaminação hídrica, formação de grandes aglomerados urbanos, entre outros. No caso dos recursos hídricos subterrâneos, a necessidade do seu gerenciamento Assim a gestão dos recursos hídricos subterrâneos surge da necessidade de se utilizar adequadamente este recurso natural renovável, pois em alguns lugares há índices elevados de exploração e em outros altos índices de contaminação por esgotos não tratados.

Diversos trabalhos do Laboratório de Hidrogeologia – UFSM, já foram desenvolvidos enfocando a vulnerabilidade do aquífero a contaminação. Sendo que este estudo possibilita a ampliação do conhecimento sobre o comportamento das águas subterrâneas no estado do RS, especialmente, em municípios de afloramento do Sistema Aquífero Guarani – SAG. A partir desta percepção definiu-se como universo de estudo o Município de Rosário do Sul – RS, localizado na zona de Domínio da Bacia Sedimentar do Paraná, pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, U-70 (U = Uruguai). Nesta inserem-se totalmente ou parte dos municípios de Cacequi, Rosário do Sul, Santana do Livramento, São Gabriel, Lavras e

Dom Pedrito. O trabalho procura identificar, avaliar e mapear a vulnerabilidade do aquífero SAG à contaminação do município de Rosário do Sul, segundo dados obtidos na Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais/CPRM, num total de 34 captações, com a aplicação do Método GOD (G - *groundwater occurrence*, O - *overall litology of aquifer* e D - *deph of water*) (Figura 1).

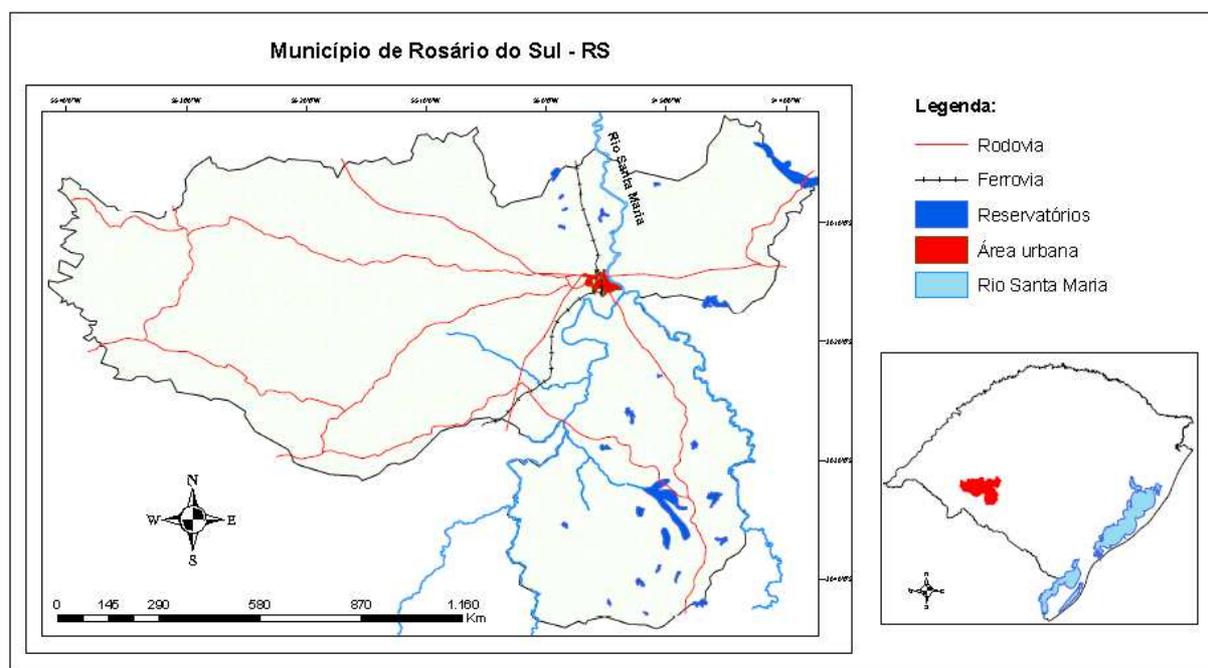


Figura 1: Localização da área de estudo.

O Município de Rosário do Sul conta com uma população de 39.580 habitantes (IBGE, 2010). Deste universo o sistema de coleta e tratamento de esgotos ainda é precário, dispondo apenas de duas estações de tratamento, sendo que em muitas vias e valões são dispostos “*in natura*” ou a partir de fossas sépticas. Isto pode ser percebido pelos dados referente à distância percorrida pela rede de distribuição de água que é de 103 quilômetros em relação à distância percorrida pela rede coletora de esgotos unitária é de 16 quilômetros IBGE (2000) e também pelos dados de ligações sanitárias que se restringe em 955 ligações, entre casas residências e comerciais), sendo que na zona urbana do município há 9.150 casas residências.

Assim, inquietações surgem a respeito de como estão sendo utilizados os recursos naturais disponíveis, em destaque aos recursos hídricos, quanto a aspectos qualitativos e quantitativos. Na procura de uma solução, pesquisadores defendem que a gestão é uma ferramenta eficaz no combate e na minimização de conflitos ocasionados pelo uso dos recursos hídricos, bem como o seu gerenciamento visando à sua conservação. A discussão da presença de um trabalho interdisciplinar se deve a complexidade e a dinâmica dos elementos constituintes do sistema planeta Terra e este deve ser considerando os instrumentos tecnológicos e de gestão disponíveis, embora requeira a consideração de outros fatores (econômicos, sociais, ambientais, culturais, políticos). O entrelaçamento do conhecimento multidisciplinar é que permitirá o gerenciamento integrado (COSTA, 2003).

Na gestão dos recursos hídricos, deve-se levar em consideração que as águas superficiais estão mais vulneráveis à contaminação, pois muitos apostam em uma alternativa estratégica, as águas subterrâneas. Esta, por sua vez, por não estar em contato direto à superfície, apresenta-se mais protegidas de patógenos e contaminantes, porém a falta de informações e

manejo inadequado pode atingir níveis de contaminação preocupantes (SENRA e HAGER, 2003).

Entende-se por vulnerabilidade natural de um sistema aquífero, como a probabilidade ou risco a ser contaminado. Também se entende como a capacidade de atenuação que o sistema solo/zona vadosa possui, quanto aos processos físico-químicos e biológicos, capazes de reter, eliminar e filtrar cargas contaminantes. Porém, não se deve pensar que a vulnerabilidade do sistema é atribuída única e exclusiva às características intrínsecas hidrogeológicas do subsolo. Para tanto, vulnerabilidade, “é a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características intrínsecas do aquífero”, diferentemente de risco de poluição, “causado não apenas pelas características intrínsecas do aquífero, mas também pela existência de atividades poluidoras” (ROCHA et. al. 2003).

Os dados compilados para a realização do mapeamento da vulnerabilidade do aquífero a contaminação, estão relacionados aos parâmetros avaliados pelo Método *GOD*, quais sejam: a) tipo de aquífero, b) litologia da zona não saturada e; c) profundidade do nível estático. Para cada um destes é atribuído um índice entre 0 a 1, os quais são multiplicados para dar um parâmetro de saída que exprime o índice de vulnerabilidade (maior ou menor do sistema), sendo que quanto mais próximo de 0 menos vulnerável; já próximo de 1, significa sistema mais vulnerável (FOSTER et. al. 2006).

Diante deste cenário, visualizam-se possibilidades de ações que permitem protagonizar estudos referentes a uma das formas pela qual é possível de se encontrar água em nosso Planeta, o sistema de águas subterrâneas. Por outro lado, as pesquisas, ações e os estudos desenvolvidos tornam a sociedade, de hoje, responsável pela transmissão dos conhecimentos e da preservação dos recursos, em especial os hídricos subterrâneos. Encontrar caminhos sustentáveis e formas menos impactantes no uso, além dos meios de conservação destes recursos é uma responsabilidade de toda a sociedade civil, dos comitês de bacias e dos órgãos gestores.

## 2. Metodologia de Trabalho

Para o desenvolvimento metodológico do estudo de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos livres, iniciou-se pela construção do banco de dados através das informações disponibilizadas pelo SIAGAS/CPRM sobre o município de Rosário do Sul. A partir das características dos dados disponíveis, optou-se pela aplicação do Método *GOD*, metodologia esta que faz uso de três fases (parâmetros) de avaliação (FOSTER et. al. 2006). Sendo que para cada uma das fases determina-se uma nota de acordo com as variáveis exigidas na avaliação relacionando com as características da captação, sendo:

- 1ª fase: grau de confinamento da água subterrânea (Parâmetro G), com variação dos valores em um intervalo de 0 a 1,0;
- 2ª fase: características dos estratos acima da zona saturada do aquífero, quanto ao grau de consolidação e caráter litológico (Parâmetro O), medido na escala de 0,4 a 1,0 e;
- 3ª fase: determinação da profundidade do nível freático (Parâmetro D), na escala de 0,6 a 1,0.

Ao fim, com o produto das fases, obtem-se o índice de vulnerabilidade, que irá variar 0 (insignificante) a 1 (extrema). Com auxílio do geoprocessamento, pode-se espacializar na área de estudo, as regiões de maior e menor risco à contaminação, segundo o Método *GOD*. Assim, o tratamento dos dados, a construção dos mapas e seu cruzamento para resultar no mapa índice, necessitou utilizar o programa *Surfer 8.0* e o *ArcGis 9.3* (Figura 2).

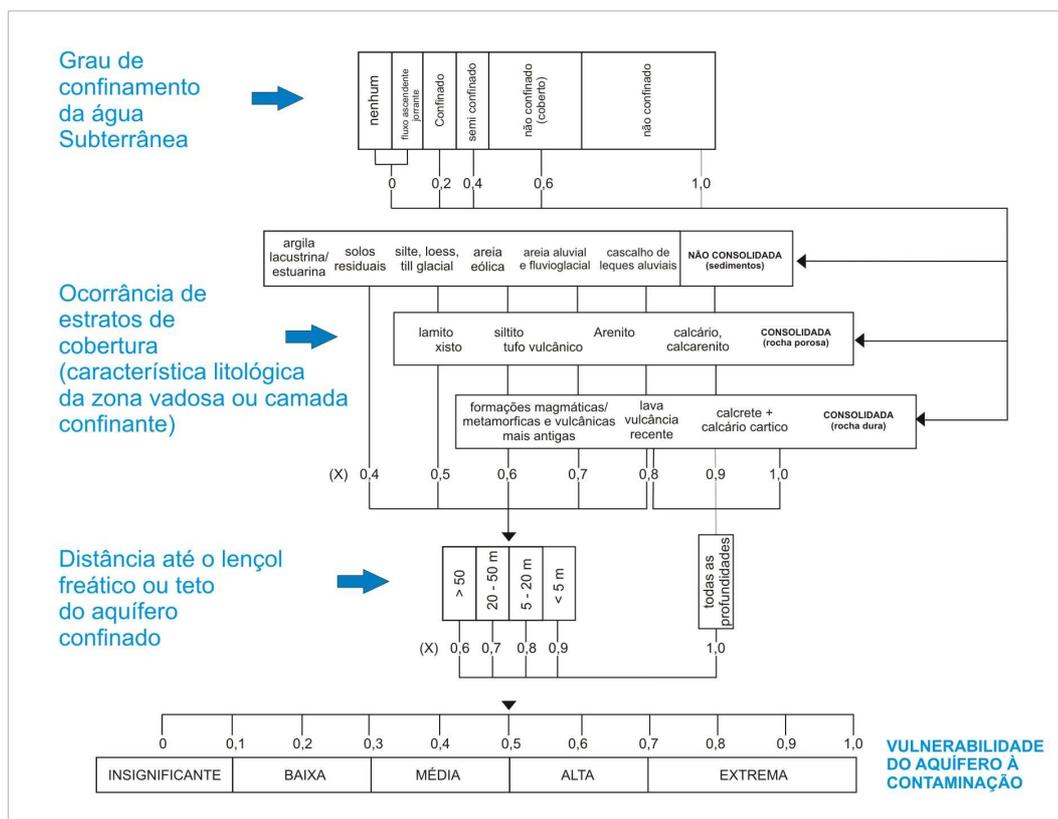


Figura2: Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade aquífera, Foster et. al. (2006).

### 3. Resultados e Discussão

O mapeamento da vulnerabilidade do aquífero à contaminação, foi possível através de dados secundários obtidos no cadastro dos poços no SIAGAS/CPRM, disponível na *internet*, aplicado-se o Método GOD e utilizando-se os programas de geoprocessamento para a construção do mapa final.

Conforme o Quadro 1 pode-se observar que as Formações Geológicas componentes do Sistema Aquífero Guarani – SAG (Guará, Botucatu, Sanga do Cabral e Pirambóia=Rosário do Sul), representam cerca de 60% da área estudada. Essas formações juntamente com os Depósitos aluvionares representam áreas de grande vulnerabilidade devido à composição geológica destes materiais, o que refletiu no alto percentual de aquíferos vulneráveis.

Unidade/Formação	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem
Depósitos aluvionares	898	20.55%
Serra Geral	311	13.66%
Guará	510	11.67%
Botucatu	617	14.12%
Sanga do Cabral	375	8.58%
Pirambóia	1080	24.72%
Rio do Rasto	116	2.66%
Estrada Nova	176	4.03%
<b>TOTAL</b>	<b>4369</b>	<b>100.00%</b>

Quadro 1 – Unidade/Formação Geológica aflorante em Rosário de Sul.

Das trinta e quatro captações existentes (selecionadas) para a pesquisa cerca de trinta e três são de poços tubulares e apenas uma nascente. A profundidade dos níveis estáticos das águas dos poços tubulares varia de um a trinta e seis metros.

De acordo com o mapa da Figura 3 a vulnerabilidade do aquífero à contaminação que prevaleceu na área foi à alta com 57.39%, seguida da média com 42.07%. O resultado sugere um maior cuidado com os aquíferos existentes nessa área, devido a altos índices de vulnerabilidade intrínseca do material rochoso, assim necessita-se de cuidados especiais quanto à alocação de atividades potencialmente poluidoras por haver a possibilidade de um grande risco à contaminação dos mananciais subterrâneos.

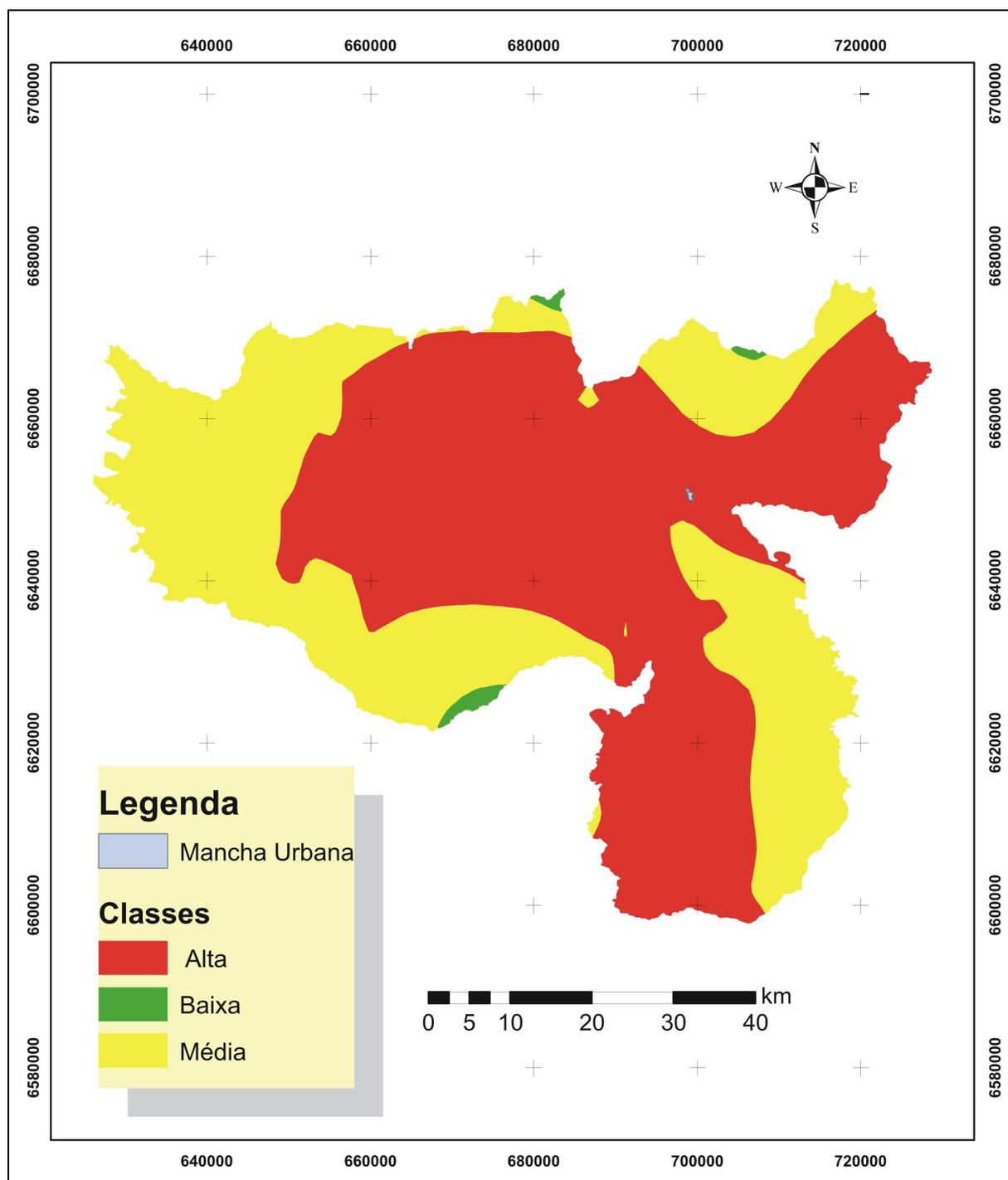


Figura 3 – Mapa da vulnerabilidade do aquífero à contaminação do município de Rosário de Sul.

A partir da análise dos perfis geológicos dos poços cadastrados, três poços foram perfurados em áreas pertencentes à Formação Serra Geral (litologia basáltica), os demais poços localizam-se nas Formações Guará, Botucatu, Sanga do Cabral e Pirambóia (material arenítico). Estas características naturais da área em estudo nos permitem entender que a condutividade hidráulica ocorrerá de forma diferente na área onde há arenito e onde há basalto, proporcionando identificar diferentes graus de vulnerabilidade quando dispostos a contaminação. Assim, com as atribuições das notas, destacou-se grande parte do município com média e alta vulnerabilidade, sendo que a classe insignificante, não teve ocorrência. Nesta classe o aquífero corre risco menor de ser contaminado em relação aos demais, quadro 1.

<b>Classes</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem</b>
Insignificante	0.00	0%
Baixa	23.60	0.54%
Média	1840.00	42.07%
Alta	2509.56	57.39%
<b>Total</b>	<b>4373.16</b>	<b>100%</b>

Quadro 1 – Áreas e porcentagem de cada classe de vulnerabilidade.

Dentro desse contexto, a manutenção dos aquíferos livres de contaminação depende principalmente da eficácia da fiscalização e de leis municipais que restrinjam e imponham medidas de prevenção à contaminação para os empreendimentos existentes e que poderão vir a se instalar no município. Assim, com a efetivação destas medidas, será possível conciliar o desenvolvimento econômico juntamente com a conservação dos recursos naturais.

#### 4. Conclusões

Este trabalho utilizou-se da metodologia *GOD* para avaliar os índice de vulnerabilidade na área de estudo, que associando com os SIGs pode-se visualizar os resultados. Assim, foram identificadas três classes de vulnerabilidade à contaminação, sendo expressiva, a área de vulnerabilidade alta, destaca-se que nesta área encontra-se a malha urbana do Município. Como essa metodologia avalia apenas as condições físicas da área identificando as áreas mais vulneráveis, propõe-se, que estudos voltados aos aspectos qualitativos da água subterrânea sejam realizados para avaliar as reais condições e assim promover medidas de prevenção.

Dentre as importâncias desta área, está a dela possuir mais da metade do seu total com afloramentos do Sistema aquífero Guarani - SAG reserva de água subterrânea que deve ser corretamente pesquisada para que haja utilização racional e sustentável deste recurso natural e de sua ocupação.

Neste sentido, propõe-se ao Município de Rosário do Sul e aos demais municípios onde em seus territórios ocorrem afloramentos do SAG, rigorosidade na implementação e fiscalização de empreendimentos potencialmente poluidores dos recursos hídricos instalados, bem como políticas educacionais referente ao uso sustentável dos recursos naturais, em especial os aquíferos.

#### Referências Bibliográficas

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

COSTA, F. J. L. **Estratégias de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil: áreas de cooperação com o Banco Mundial**. Brasília: Estação gráfica. 1ª ed. 2003.

FORTESCUE, J. A. C. Environmental Geochemistry: a holistic approach. New York. Springer Verlag. Ecological studies, v.35. 1980. p. 347.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A.; GOMES, D.; D'ELIA, M. e PARIS, M. **Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais.** Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento/Banco Mundial. São Paulo: Servmar, 2006.

ROCHA, F.S.; ALVES.M.G.; ALMEIDA, F. T. - Estudo preliminar da vulnerabilidade dos aquíferos em Campos dos Goitacazes - Rio de Janeiro. XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Belo Horizonte, 2003.

SENRA, J. B. e HAGER, F. P. V. Águas subterrâneas e a legislação de recursos hídricos. In: **Anais. XIII ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS E I SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE.** Petrópolis, RJ. 2003. p. 83 – 90.

SILVERIO DA SILVA, J.L., Bessouat, C., Camponogara, I., Frantz, L.C., Guimaraens, M., Gamazo, P., Failache, L., Flores, E.L.M., Flores, E.M.M. e Dressler, V.L., 2006. Caracterização de áreas de recarga e descarga do SAG em Rivera-Livramento e Quaraí-Artigas. Estudo da vulnerabilidade na área de influência de Artigas-Quaraí. FUNDO DAS UNIVERSIDADES, RELATÓRIO FINAL, 2 VOLUMES, 2006.